

بررسی تغییرات مورفومتری تپه ماسه‌ای با استفاده از روش سنجش از دور (مطالعه موردی: جنوب شرقی عشق آباد)

رسول ایمانی* - دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
مهدی عبدلهی - دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
عباسعلی ولی - دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
علی آلبوعلی - دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۳/۱۰

چکیده

بررسی پویایی و تغییرپذیری عوارض ژئومورفولوژیکی زمین، به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی که به‌طور عمده از عوارض ماسه‌ای پوشیده شده است، به دلیل تأثیر منفی ماسه‌های متحرک در زندگی مردم، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مطالعه تغییرات مورفومتری تپه ماسه‌ای جنوب شرقی شهر عشق‌آباد، در دوره زمانی دوازده‌ساله (۲۰۱۲-۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر ماهواره‌ای پس از تصحیحات هندسی، به سه روش نظارت‌شده با بیشترین شباهت، نظارت‌شده با کمترین فاصله از میانگین و روش نظارت‌نشده، در نرم‌افزار ENVI طبقه‌بندی شدند. روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با بیشترین شباهت، دقت بالاتری در شناخت تپه ماسه‌ای در مقایسه با دو روش دیگر نشان داد. تصاویر طبقه‌بندی‌شده به روش نظارت‌شده با بیشترین شباهت، پس از برش به صورت رستری وارد نرم‌افزار Arc-GIS شد و پس از تبدیل فرمت رستری به پلیگون، مساحت و محیط تپه ماسه‌ای مورد مطالعه برای هر سال به دست آمد. نتایج نشان داد که طی ۱۲ سال مورد مطالعه، مساحت و محیط تپه ماسه‌ای به ترتیب کاهشی برابر با ۴۲/۸۷۲ هکتار و ۷۸۱/۳۰۷ متر داشته است که علت اصلی آن مربوط به طرح‌های بیابان‌زدایی اجرا شده در قالب تاغ‌کاری در سال‌های گذشته و همچنین زادآوری طبیعی تاغ روی تپه ماسه‌ای و نواحی اطراف آن بوده و اثرات مثبت طرح‌های بیولوژیکی بیابان‌زدایی را در تثبیت تپه ماسه‌ای نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تپه ماسه‌ای، سنجش از دور، عشق‌آباد، مورفومتری.

مقدمه

نواحی خشک و بیابانی، عوارض مشخص و شناخته‌شده‌ای دارند. پویایی و تغییرپذیری این عوارض از نگاه ژئومورفولوژی، در واقع ویژگی اصلی این عوارض به‌شمار می‌رود (مقصودی و محمدنژاد آروق، ۱۳۹۰: ۴). تغییرات در مورفولوژی زمین با فرآیندهای مختلف زمینی و فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود. کمبود باران و فقر پوشش گیاهی به باد امکان کاوش روی خاک و حمل ذرات سطحی را داده (معماریان خلیل‌آباد، صفدری و اختصاصی، ۱۳۸۷) و فرسایش بادی را موجب می‌شود و به فرآیندهای زمینی مؤثر در پیدایش مناطق وسیعی از تپه‌های ماسه‌ای^۱، یا تغییرات مورفولوژیکی در آنها دامن می‌زند (هرماس، لپرینس و ابوالمجد، ۲۰۱۲). تپه‌های ماسه‌ای نهشته‌ای از ماسه‌های متفاوت از نظر شکل و اندازه هستند که توسط باد ساخته می‌شوند (اسپاراوینگنا، ۲۰۱۳)، چنانچه این تپه‌ها تثبیت نشده باشند، می‌توانند حرکت کنند. تپه‌های ماسه‌ای بخش عمده‌ای از عوارض ژئومورفولوژیکی شمرده می‌شوند (صدوق، نظام‌محلّه س. و نظام‌محلّه م، ۱۳۹۲) و تا بیش از یک‌چهارم مناطق بیابانی را تشکیل می‌دهند (گنگ، ۲۰۰۰). با توجه به گزارش‌های سازمان زمین‌شناسی آمریکا، تغییرات و حرکات تپه‌های ماسه‌ای مانند تغییرات اقلیمی، رو به افزایش است (اسپاراوینگنا، ۲۰۱۳) و از سوی دیگر، تغییر اقلیم نیز به‌صورت افزایش خشکی ناشی از دماهای زیاد، کمبود پوشش گیاهی و خشکسالی‌های مکرر، منجر به حرکت یا گسترش تپه‌های ماسه‌ای در جهات مختلف و با سرعت‌های متفاوت می‌شود که زندگی و فعالیت‌های انسانی، بهداشت و حمل‌ونقل را تهدید می‌کند (رداستیر، سی بوگل و ام وگل، ۲۰۱۱ و هرماس، لپرینس و ابوالمجد، ۲۰۱۲). بنابراین مطالعه سرعت و جهت حرکت و/یا گسترش تپه‌های ماسه‌ای، به‌دلیل خسارت‌های ناشی از آن و به‌ویژه، حفظ منابع طبیعی و پروژه‌های دست‌ساز انسان، اهمیت ویژه‌ای در مدیریت مناطق بیابانی دارد (هرماس، لپرینس و ابوالمجد، ۲۰۱۲). اگرچه تا کنون یک روش کامل برای بررسی و اندازه‌گیری حرکت و گسترش تپه‌های ماسه‌ای در یک مقیاس زمانی و مکانی مشخص ارائه نشده است (لیو، کاپس، هاینس و موور، ۱۹۹۷)، ولی به‌طور عمده از دو روش برای بررسی حرکت و گسترش تپه‌های ماسه‌ای استفاده می‌شود که عبارتند از: روش‌های زمینی یا صحرایی و روش‌های مبتنی بر تکنیک‌های سنجش از دور. اگرچه روش‌های مطالعه صحرایی دقت بالایی نشان داده است، ولی به‌دلیل محدودیت‌های استفاده مکانی و زمانی و همچنین هزینه و زمان زیاد آن، روش سنجش از دور کاربرد گسترده‌تری دارد (هرماس، لپرینس و ابوالمجد، ۲۰۱۲: ۵۱ و لوین، بن دور و کارنیللی، ۲۰۰۴). مطالعات متعددی در این زمینه در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

رالف بگنولد (۱۹۴۱) برای اولین بار مطالعات سیستماتیک حرکت تپه‌های ماسه‌ای را با اندازه‌گیری‌هایی در بیابان ساحارا و آزمایش‌های تونل بادی انجام داد. گنگ (۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر راداری (SAR)، یک الگوریتم برای برآورد ویژگی‌های تپه‌های ماسه‌ای خطی، مانند جهت، شیب و ارتفاع، عرضه کرد و با مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده و محاسبه شده، به اختلاف معنی‌داری بین آنها پی برد. یائو، ونگ، هان، ژانگ و ژائو (۲۰۰۷) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۹۱ و ۲۰۰۰، به بررسی سرعت حرکت تپه‌های ماسه‌ای در بخش شمالی فلات آلتا

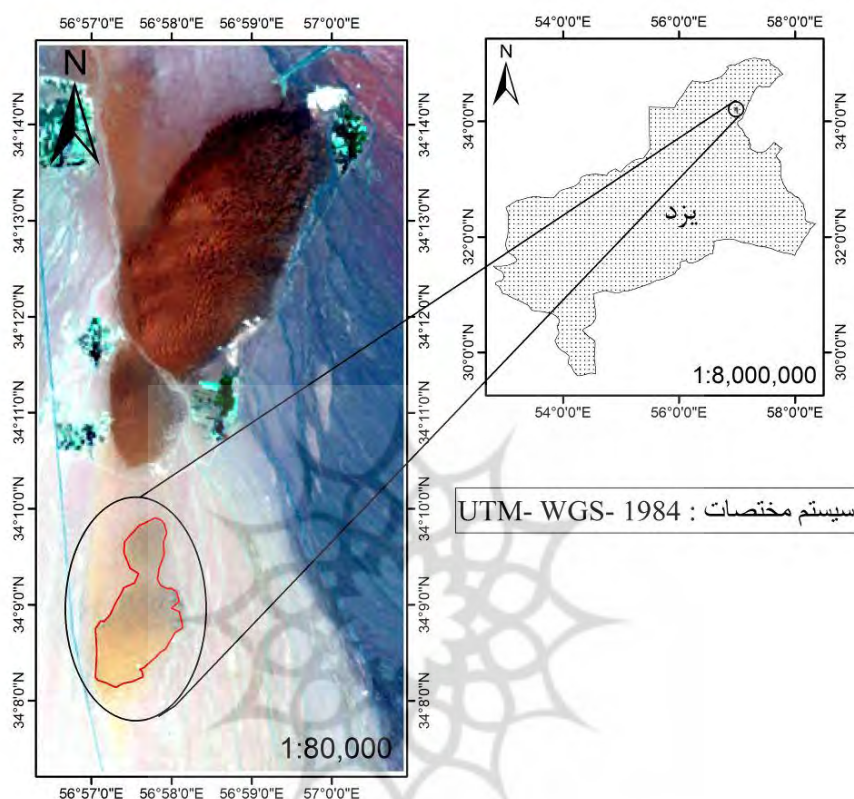
در چین پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که سرعت حرکت تپه‌ها بین ۴ تا ۷/۴ متر در سال تغییر داشته و سرعت متوسط حرکت تپه‌ها در این مدت برابر ۵/۳ متر در سال بوده است. یافته‌های آنها جهت متوسط حرکت تپه‌ها را ۹۲ درجه تا ۱۳۶ درجه نشان داد. هرماس، لپرینس و ابوالمجد (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Spot 4، به بررسی حرکت تپه‌های ماسه‌ای در شمال غرب شبه‌جزیره سینا در مصر پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که متوسط سرعت حرکت تمام تپه‌های ماسه‌ای بارخانی منطقه برابر با ۱۱/۹ متر در سال و جهت حرکت آن نیز در شرق و شمال شرق است. ملامهر علیزاده، جنتی و شایان (۱۳۸۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ و IRS-PAN و روش‌های سنجش از دور، به تهیه نقشه لندفرم زمین در مناطق بیابانی استان سمنان پرداختند و ۲۷ کلاس لندفرم در منطقه را تشخیص دادند. آنها در مطالعه خود به نقش اساسی تلفیق مطالعات میدانی با دورسنجی در شناخت لندفرم‌های زمین اشاره کردند. سرسنگی، رنگزن، سلیمانی و آبشیرینی (۱۳۸۶) به بررسی میزان تغییرات حادث شده در تپه‌های ماسه‌ای مناطق بیابانی شرقی - شمال شرقی اهواز، در بازه زمانی یازده‌ساله و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج آنها نشان داد سطح تپه‌های ماسه‌ای از ۹۳۳۵ هکتار به ۷۳۳۰ هکتار کاهش یافته است و دلیل آن را انجام روش‌های مکانیکی و بیولوژیکی مبارزه با بیابان‌زایی دانستند. رامشت (۱۳۹۲) طی پژوهشی به بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS و عکس‌های هوایی پرداخت و به این نتیجه رسید که طی ۱۵ سال، مساحت تپه‌های ماسه‌ای ۱۰۱۶۹ کیلومتر مربع افزایش داشته است. ایرانمنش (۱۳۸۴) از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺، IRS-PAN و MODIS برای شناسایی و تفکیک عوارض ماسه‌ای در سواحل شمال عمان استفاده کرد و سطح عوارض تپه‌های ماسه‌ای را حدود ۲۶۲۳۰۲ هکتار تخمین زد.

بنابراین با توجه به خسارات چشمگیر حرکت و گسترش تپه‌های ماسه‌ای و کاربرد گسترده روش‌های سنجش از دور در بررسی و روندیابی این تغییرات، هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات مورفومتری تپه ماسه‌ای جنوب شرقی شهر عشق‌آباد در شهرستان طبس از استان یزد، با استفاده از روش‌های سنجش از دور است. نتایج این پژوهش می‌تواند در راستای پیش‌بینی وضعیت آینده تپه ماسه‌ای و تعیین اقدامات مدیریتی مناسب برای کنترل و کاهش خسارات احتمالی به اراضی زراعی، مسکونی و جاده ارتباطی موجود در منطقه و همچنین ارزیابی کارایی طرح‌های بیولوژیکی بیابان‌زدایی اجرا شده در منطقه، مورد استفاده قرار گیرد.

محدوده مورد مطالعه

تپه ماسه‌ای مورد مطالعه به تپه‌های ماسه‌ای منصوریه موسوم است. از نظر جغرافیایی بین ۵۶ درجه و ۵۷ دقیقه و ۰۱ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۰۷ دقیقه و ۵۹ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۰۹ دقیقه و ۵۶ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. این محدوده در قسمت جنوب شرقی شهر عشق‌آباد، واقع در شهرستان طبس از استان یزد و ۷۵ کیلومتری سمت راست جاده عشق‌آباد به طبس قرار گرفته است. مساحت تقریبی فعلی آن ۳۰۰ هکتار است. روستای پاشنه‌داران در شمال شرقی و محمدآباد در شمال غرب این تپه ماسه‌ای واقع شده‌اند و تحت تأثیر تغییرات آن هستند. براساس اطلاعات دریافت شده از اداره منابع طبیعی شهرستان طبس، محدوده این تپه ماسه‌ای از سال ۱۳۶۴

طی چندین مرحله در قالب طرح‌های بیابان‌زدایی، تاغ‌کاری شده و روی تپه ماسه‌ای مورد مطالعه نیز بذپاشی تاغ انجام گرفته است. شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت استانی منطقه و تپه ماسه‌ای مورد مطالعه است.



شکل ۱. موقعیت استانی تپه ماسه‌ای مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

برای بررسی تغییرات مورفولوژیکی حادث‌شده در تپه ماسه‌ای مورد مطالعه در طول زمان دوازده‌ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲)، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷ آمریکا که دارای ۸ باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر است، مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر مورد استفاده با فواصل چهارساله، به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۴، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی از ماه ژوئن بوده و از سازمان نقشه‌برداری کشور و همچنین از پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شده‌اند. شماره ردیف (Row) و ستون (Path) تصاویر با توجه به اندکس مربوط به تصاویر ETM^+ ، به ترتیب ۳۶ و ۱۶۰ است. همچنین از نقشه توپوگرافی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مربوط به منطقه پاشنه‌در با کد 7358II استفاده شد.

تصحیحات هندسی

قبل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، لازم است تصحیحاتی از جمله تصحیحات هندسی، در تصاویر ماهواره‌ای خام انجام شود (شایسته، سلطانی، کریمزاده و سرحدی، ۱۳۸۷). تصحیحات هندسی تصاویر با استفاده از لایه‌های خطی، مانند آبراهه‌ها و جاده‌های استخراج شده، از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه با پراکنش مناسب در کل محدوده تصویر و به کمک معادلات چندجمله‌ای درجه دو در محیط نرم‌افزار ENVI انجام شد.

طبقه‌بندی تصاویر

با توجه به هدف اصلی روش سنجش از دور، طبقه‌بندی تصاویر را می‌توان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای شمرد (سریواستاوا و گوپتا، ۲۰۰۳). با توجه به مطالعات مختلف انجام شده در این زمینه، سه روش طبقه‌بندی رایج، شامل: نظارت‌شده^۱ با بیشترین شباهت^۲، نظارت‌شده با کمترین فاصله از میانگین^۳ و روش نظارت‌نشده^۴، برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور مشخص شدن محدوده تپه ماسه‌ای مد نظر، مورد استفاده قرار گرفت. در روش نظارت‌شده، ابتدا نقاط آموزشی از بخش‌های مختلف تصویر به نرم‌افزار معرفی می‌شود و سپس پیکسل‌های تصویر بر اساس بیشترین شباهت به بخش‌های تعریف‌شده و کمترین فاصله از میانگین ارزش پیکسلی بخش‌های تعریف‌شده، طبقه‌بندی می‌شوند. در روش نظارت‌نشده، نرم‌افزار به‌طور خودکار و با توجه به تعداد کلاس‌های دلخواه تعریف‌شده، پیکسل‌های تصویر را طبقه‌بندی می‌کند. روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با بیشترین شباهت، نسبت به روش نظارت‌شده با کمترین فاصله از میانگین و روش نظارت‌نشده، تشخیص دقیق‌تری از محدوده تپه ماسه‌ای مورد نظر عرضه کرد و این مطابق با نظر ریچاردز (۲۰۰۰) بود.

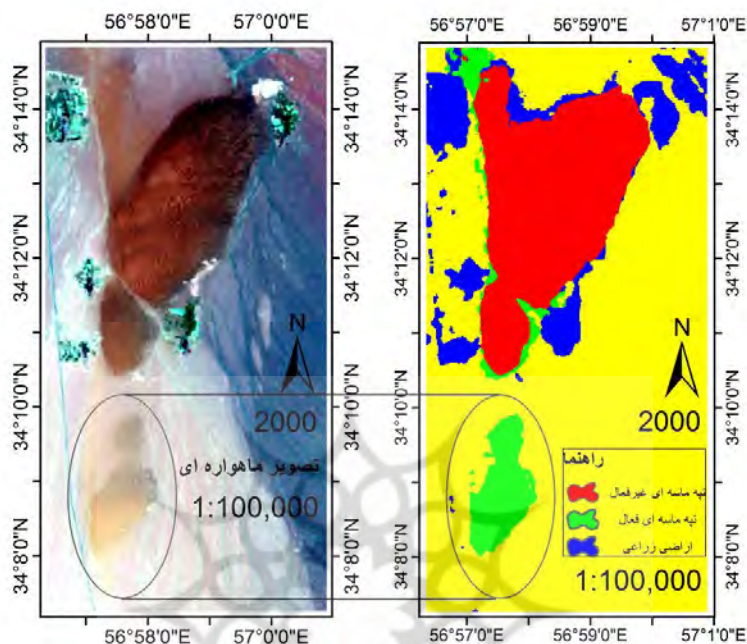
در نهایت هر یک از تصاویر طبقه‌بندی‌شده به روش نظارت‌شده و بیشترین شباهت، به اندازه‌ای که نمایش مناسبی از منطقه مورد مطالعه داشته باشند، برش داده شدند. تصاویر برش داده شده برای محاسبه پارامترهای فیزیکی و مورفومتری، در محیط Arc GIS از فرمت رستری به لایه‌های وکتوری تبدیل شدند و با استفاده از ابزار Calculate Geometry در Arc Map، مساحت و محیط تپه ماسه‌ای در هر یک از سال‌های مورد مطالعه به‌دست آمد. همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آماده شده، نرم‌افزار گوگل ارث (۲۰۱۳) و بازدید میدانی از منطقه، انواع اشکال ماسه‌ای و لندفرم‌های ریگ موجود در منطقه مشخص شد.

یافته‌های پژوهش

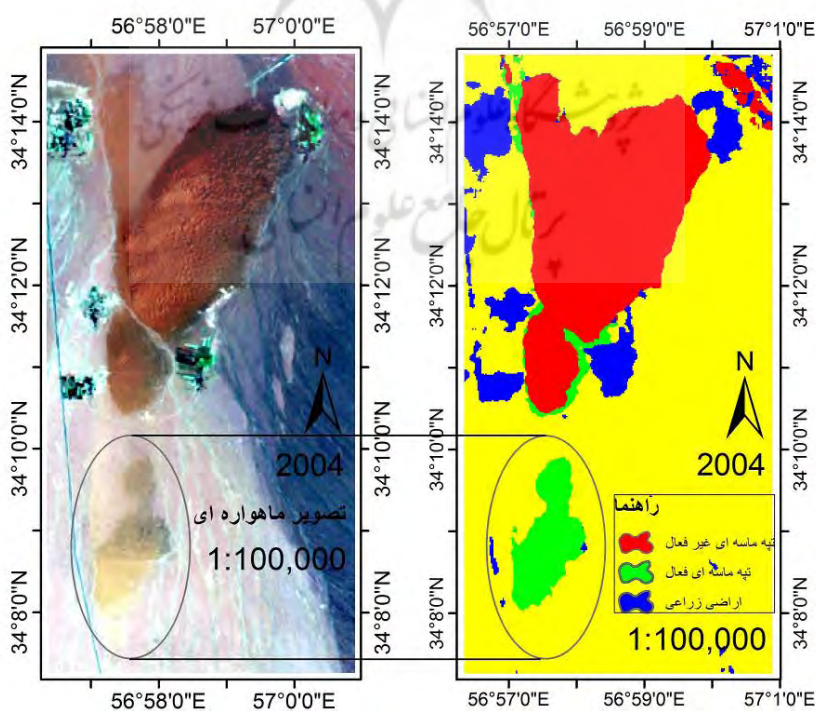
تصاویر ماهواره‌ای برش داده شده با ترکیب رنگی باندهای ۱-۳-۷ که بالاترین قدرت تفکیک برای تپه ماسه‌ای مورد

1. Supervised
2. Maximum Likelihood
3. Minimum Distance from Mean
4. Unsupervised

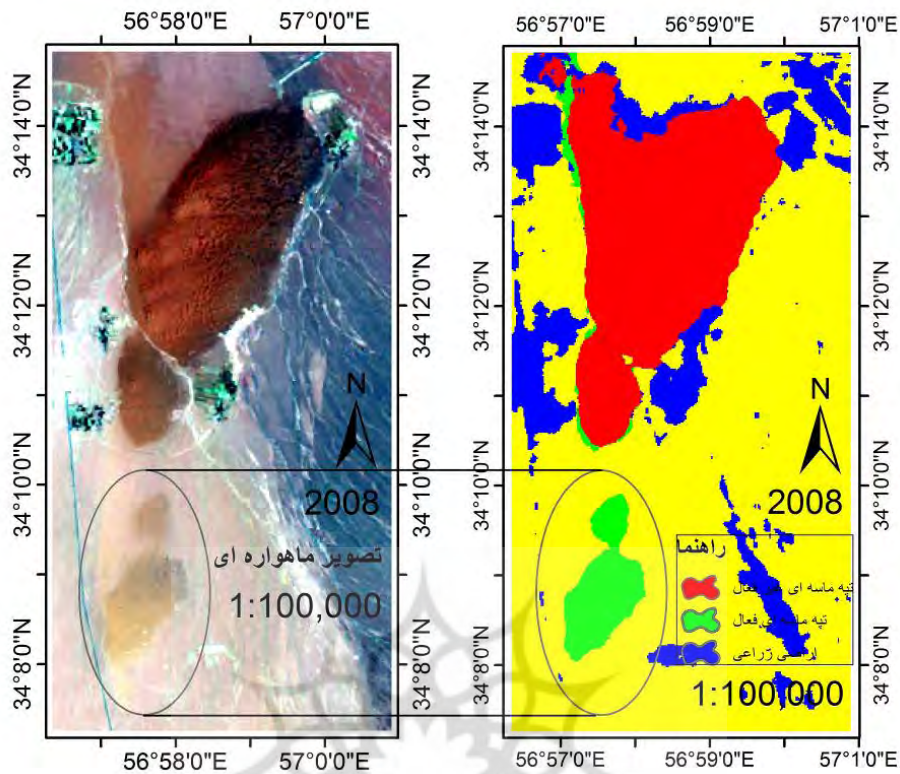
نظر را ارائه می‌داد و همچنین تصاویر طبقه‌بندی‌شده مربوط به هریک که در آن تپه‌های ماسه‌ای مورد مطالعه با رنگ سبز مشخص شده است، برای تک‌تک سال‌های مورد مطالعه، مطابق شکل‌های ۲ تا ۵ است.



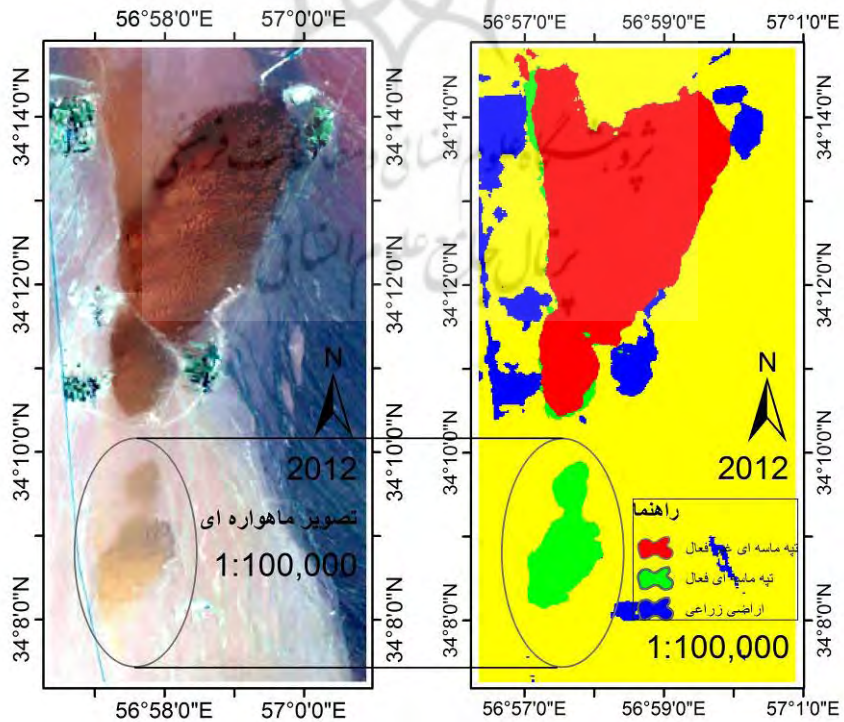
شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای و تصویر طبقه‌بندی‌شده منطقه مورد مطالعه (ژوئن سال ۲۰۰۰)



شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای و تصویر طبقه‌بندی‌شده منطقه مورد مطالعه (ژوئن سال ۲۰۰۴)

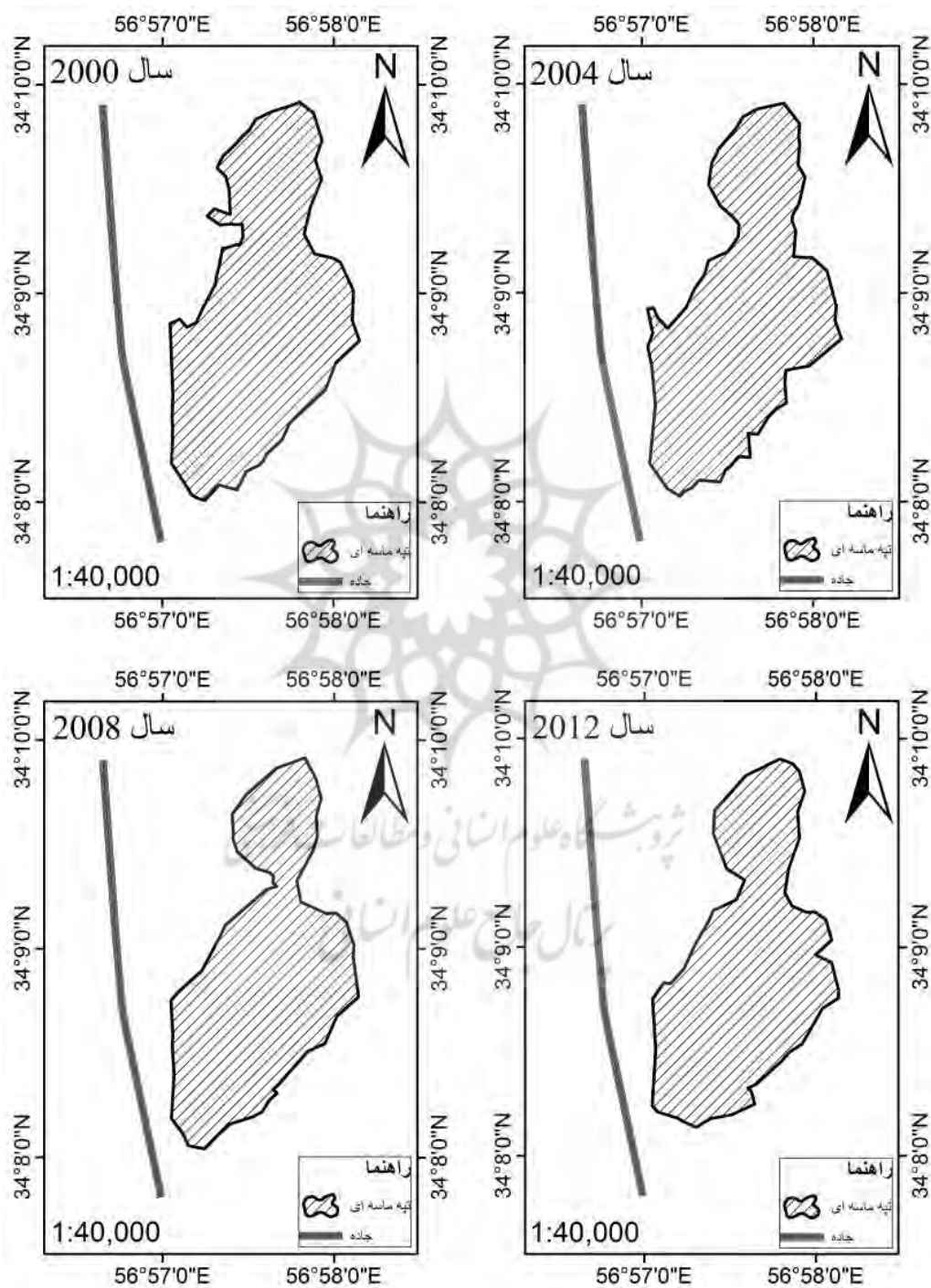


شکل ۴. تصویر ماهواره‌ای و تصویر طبقه‌بندی شده منطقه مورد مطالعه (ژوئن سال ۲۰۰۸)



شکل ۵. تصویر ماهواره‌ای و تصویر طبقه‌بندی شده منطقه مورد مطالعه (ژوئن سال ۲۰۱۲)

همچنین شکل ۶، مزر تپه ماسه‌ای و موقعیت آن را نسبت به جاده ارتباطی (عشق‌آباد - طبس) واقع در قسمت غربی تپه برای سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۶. مزر تپه ماسه‌ای و موقعیت آن نسبت به جاده ارتباطی کناری در سال‌های مورد مطالعه

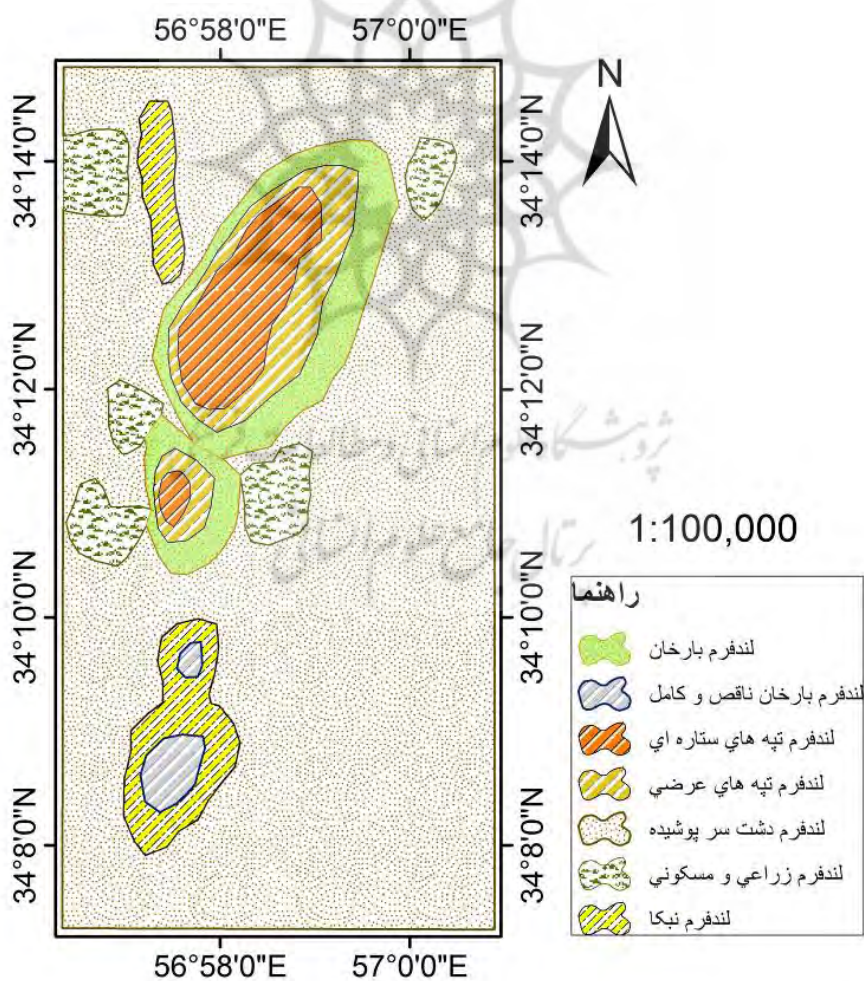
نتایج مربوط به تغییرات مساحت و محیط تپه ماسه‌ای مورد مطالعه در سال‌های مختلف مطابق جدول ۱ به‌دست

آمد.

جدول ۱. مساحت و محیط تپه ماسه‌ای مورد مطالعه در سال‌های مختلف

سال	۲۰۰۰	۲۰۰۴	۲۰۰۸	۲۰۱۲
مساحت (هکتار)	۳۴۳/۲۶۹	۳۲۰/۷۶۰	۳۰۵/۳۵۱	۳۰۰/۳۹۷
محیط (متر)	۹۶۲۳/۸۰۹	۹۵۸۴/۱۴۷	۹۱۲۰/۱۹۱	۸۸۴۲/۵۰۲

انواع اشکال ماسه‌ای و لندفرم‌های ریگ موجود در منطقه، هفت لندفرم اراضی زراعی و مسکونی، دشت‌سر پوشیده، تپه‌ای عرضی، تپه‌های ستاره‌ای، بارخان، نیکا، بارخان کامل و ناقص را شامل می‌شود که محدوده هریک از آنها در منطقه مورد مطالعه، مطابق شکل ۷ است.



شکل ۷. انواع اشکال ماسه‌ای و لندفرم‌های ریگ منطقه

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که مساحت و محیط تپه ماسه‌ای مورد نظر طی ۱۲ سال (از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۰)، به ترتیب کاهشی برابر ۴۲/۸۷۲ هکتار و ۷۸۱/۳۰۷ متر داشته است و این کاهش عمدتاً در لندفرم بارخان بوده است. همچنین مقدار کاهش مساحت در سه فاصله زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲، به ترتیب برابر ۲۲/۵۰۹، ۱۵/۴۰۹ و ۴/۹۵۴ هکتار بوده است که کمتر شدن مقدار کاهش سطح تپه در سال‌های اخیر را نشان می‌دهد. علت این امر می‌تواند مربوط به تثبیت تقریبی تپه ماسه‌ای نسبت به گذشته در اثر طرح‌های بیابان‌زدایی انجام شده در منطقه باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

روندبایی تغییرات مورفومتریک اشکال ژئومورفولوژیکی مناطق خشک و بیابانی، به دلیل تأثیرات منفی شن‌های روان بر زندگی مردم و همچنین امکان پیش‌بینی وضعیت آینده، به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب در راستای کاهش حرکت یا تثبیت شن‌ها و حتی ارزیابی طرح‌های قبلی اجرا شده، اهمیت خاصی دارد. در این زمینه روش‌های سنجش از دور به دلیل توانایی بالا در آشکارسازی تغییرات کوچک مقیاس در طول زمان، کاربرد گسترده‌ای دارند. از این رو در پژوهش پیش رو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۴، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ میلادی با بهره‌گیری از روش‌های سنجش از دور، تغییرات مورفومتری دوازده‌ساله تپه ماسه‌ای موجود در جنوب شرقی عشق‌آباد از شهرستان طبس، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که طی سال‌های مورد مطالعه، مساحت و محیط تپه ماسه‌ای به ترتیب کاهشی برابر با ۴۲/۸۷۲ هکتار و ۷۸۱/۳۰۷ متر داشته است. این مقدار کاهش که به‌طور عمده در لندفرم نبکا بوده، نشان‌دهنده بیابان منفی ماسه در منطقه و تپه ماسه‌ای مورد مطالعه است؛ به این معنا که به دلیل طرح‌های بیابان‌زدایی اجرا شده در منطقه طی سال‌های گذشته، میزان ماسه ورودی به مراتب کمتر از ماسه خروجی بوده است و این امر نشان‌دهنده نقش مثبت و موفقیت طرح‌های اجرا شده است. همچنین به دلیل مساعد بودن شرایط، گونه‌ی تاغ روی تپه ماسه‌ای به صورت طبیعی زادآوری داشته که این امر نیز تأثیر مثبتی در راستای تثبیت و کاهش تغییرات تپه ماسه‌ای داشته است.

منابع

- ایرانمنش، ف. (۱۳۸۴). کاربرد داده‌های دورسنجی ETM^+ و IRS-PAN در شناسایی و تفکیک عوارض ماسه‌ای سواحل شمالی دریای عمان، اولین همایش ملی فرسایش بادی، بهمن ماه ۱۳۸۴، یزد.
- رامشت، م.ح.؛ سیف، ع. و محمودی، ش. (۱۳۹۲). بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازه زمانی (۱۳۸۳-۱۳۶۹) با استفاده از GIS و RS، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال یازدهم، شماره ۳۱، صص. ۱۳۶-۱۲۱.
- سرسنگی، ع.؛ رنگزن، ک.؛ سلیمانی، ب. و آبشیرینی، ا. (۱۳۸۶). استفاده از روش Maximum Likelihood و مدل MLL برای برآورد میزان تغییرات مناطق بیابانی شرق اهواز، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، بهمن ماه ۱۳۶۸، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.

شایسته، ا.؛ سلطانی، س.؛ کریمزاده، ح.ر. و سرحدی، ع. (۱۳۸۷). استفاده از داده‌های ماهواره‌ای IRS-1D جهت استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مندرجان اصفهان)، همایش ژئوماتیک ۸۷ و چهارمین همایش یکسان‌سازی نام‌های جغرافیایی، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.

صدوق، س. ح.؛ نظام محله، س. و نظام محله، م. ح. (۱۳۹۲). بررسی میزان آسیب‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در شبه‌جزیره میانکاله با مدل DVI، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۱، صص. ۳۷-۴۸.

مقصودی، م. و محمدنژاد آروق، و. (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، چاپ اول. تهران: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

معماریان خلیل‌آباد، ه.؛ صفدری، ع. ا. و اختصاصی، م. ح. (۱۳۷۸). منشأیابی رسوبات بادی منطقه فشنده نیشاپور، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۱۵، شماره ۱، صص. ۲۶-۴۱.

ملا مهر علیزاده، ف.؛ جنتی، م. و شایان، س. (۱۳۸۳). کارایی داده‌های سنجنش از دور (RS) در تهیه نقشه‌های لندفرم و نقش آن در برنامه‌ریزی محیطی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، صص. ۱۴۸-۱۱۱.

Bagnold, R. A., 1941, **The Physics of Blown Sand and Desert Dunes**, Methuen, London.

Hermas, E., Leprince, S., and El-Magd, I. A., 2012, **Retrieving Sand Dune Movements Using Sub-Pixel Correlation of Multi-Temporal Optical Remote Sensing Imagery, Northwest Sinai Peninsula, Egypt**. Remote Sensing of Environment, Vol. 121, PP. 51-60. DOI:10.1016/j.rse.2012.01.002.

Levin, N., Ben-Dor, E., and Karnieli, A., 2004, **Topographic Information of Sand Dunes as Extracted from Shading Effects Using Landsat Images**, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, No. 2, PP. 190-209. DOI: 10.1016/j.rse.2003.12.008.

Liu, J. G., Capes, R., Haynes, M. and Moore, J. M., 1997, **ERS SAR Multi-Temporal Coherence Image as a Tool for Sand Desert Study (Sand Movement, Sand Encroachment and Erosion)**, the Twelfth International Conference and Workshop on Applied Geologic Remote Sensing, Denver, Colorado, PP. 478-485.

Qong, M., 2000, **Sand Dune Attributes Estimated from SAR Images**, Remote Sensing of Environment, Vol. 74, No. 2, PP. 217-228. DOI: 10.1016/S0034-4257(00)00112-7.

Redsteer, M. H., Kelley, K. B., and Francis H., 2011, **Monitoring and Analysis of Sand Dune Movement and Growth on the Navajo Nation**, Southwestern United States, USGS Survey Fact Sheet 2011-3085. <http://pubs.usgs.gov/fs/2011/3085/>.

Richardz, J. A., 2000, **Remote Sensing Digital Image Analysis**, 3rd Ed, Springer-Verlag, Berlin.

Sparavigna, A. C., 2013, **A Study of Moving Sand Dunes by Means of Satellite Images**, the International Journal of Sciences, Vol. 2, No. 8, PP. 33-42.

Srivastava, S. K., and Gupta, R. D., 2003, **Monitoring of Changes In Land Use/Land Cover Using Multi-Sensor Satellite Data**, Map India Conference, India.

Yao, Z. Y., Wang, T., Han, Z.W., Zhang, W. M., and Zhao, A. G., 2007, **Migration of Sand Dunes on the Northern Alxa Plateau, Inner Mongolia, China**, Journal of Arid Environments, Vol. 70, No. 1, PP. 80–93. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2006.12.012.

